

П. А. Удод^{1*}, В. Р. Абалымов^{1,2}

¹Сибирский федеральный университет Институт цветных металлов и материаловедения, г. Красноярск

²ООО «ЛМЗ «СКАД», г. Дивногорск

**Jamty2007@mail.ru*

Научный руководитель – доц., канд. техн. наук Т. А. Орелкина

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МАГНИЯ НА ИНТЕРВАЛ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ И ЖИДКОТЕКУЧЕСТЬ СИЛУМИНОВ СИСТЕМЫ Al–Si–Mg

Исследовано влияние добавок магния к высокотехнологичному сплаву АК12 на жидкотекучесть дисков автомобильных колес, которую определяли по спиральной пробе. Определены температуры фазовых превращений опытных сплавов Al–12Si–(0,15–0,30 %)Mg методом дифференциальной сканирующей калориметрии.

Ключевые слова: алюминиевые литейные сплавы, силумины, система Al–Si–Mg, дифференциальная сканирующая калориметрия, жидкотекучесть, литье под низким давлением дисковых колес.

P. A. Udod, V. R. Abalymov

STUDY ON THE EFFECT OF MAGNESIUM CRYSTALLIZATION RANGE AND FLUIDITY SILUMIN SYSTEM Al–Si–Mg

The effect of magnesium supplementation to high-tech alloy AK12 on the fluidity of wheel discs which defined the spiral sample. The temperatures of phase transformations experienced alloys Al–12Si–(0,15–0,30%)Mg by differential scanning calorimetry.

Keywords: aluminum casting alloys, silumin, Al–Si–Mg system, differential scanning calorimetry, fluidity, low-pressure casting disc wheels.

Автомобильные диски колес различных форм и размеров изготавливают литьем под низким давлением из силуминов типа АК7 и АК12. Важнейшим литейным свойством отливок является жидкотекучесть. Способность заполнять форму зависит от температурного интервала кристаллизации сплавов. Сплавы с узким интервалом затвердевания, к которым относятся эвтектические силумины, характеризуются высокими литейными свойствами. Сплав АК12 обладает высокими литейными свойствами, однако сплав не упрочняется термической обработкой и имеет невысокие прочностные свойства [1–3]. Более высокие прочностные свойства имеют автомобильные диски колес, изготовленные из сплавов типа АК7, которые легированы магнием и упрочняются

термической обработкой [4]. По сравнению со сплавом АК12 доэвтектические термически упрочняемые силумины характеризуются более низкими литейными свойствами [4]. В работе исследован новый термоупрочняемый силумин типа АК12, легированный магнием, предложенный для изготовления дисков колес.

Целью данной работы является исследование влияния на жидкотекучесть добавок магния к высокотехнологичному сплаву АК12.

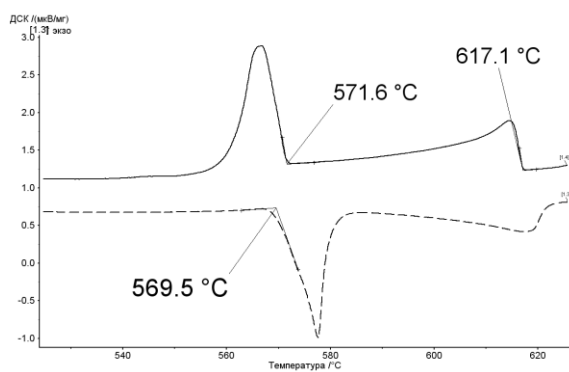
Для проведения исследования отлиты партии колес опытных сплавов системы Al–Si с содержанием кремния на верхнем пределе (11–12 % Si) и содержанием магния: 0,15; 0,20; 0,25 и 0,30 %. При производстве колес из силуминов в качестве шихтовых материалов использовали мелкогабаритную чушку (МГЧ) первичного алюминия, МГЧ магния и отходы собственного производства. Для модифицирования твердого раствора применяли прутковую лигатуру Al–Ti5–B1 и лигатуру Al–Sr10 для модифицирования эвтектики.

Технологической пробой на жидкотекучесть, в соответствии с ГОСТ 16438-70, является прутковая или спиральная металлическая, а также песчаная формы. Жидкотекучесть опытных сплавов определяли по спиральной пробе в соответствии со стандартом. В качестве характеристики жидкотекучести принимали длину (в мм) залитого полностью в поперечном сечении спирального измерительного канала.

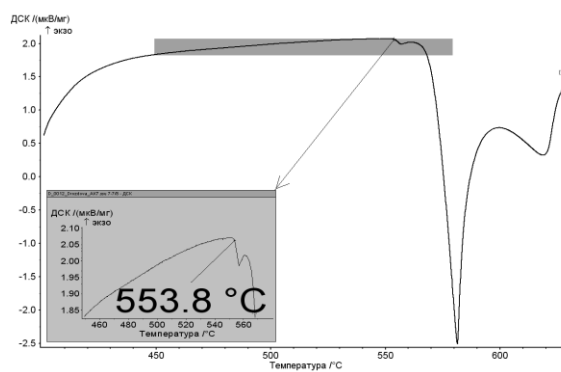
Температуры фазовых превращений новых сплавов Al–12Si–(0,15–0,30 %)Mg определяли методом дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) на установке Netzsch STA 449C. Получены термограммы нагрева и охлаждения сплавов со скоростями 5, 10 и 20 К/мин. Скорость охлаждения, близкая к равновесной кристаллизации сплавов, соответствует 5 К/мин. Неравновесной кристаллизации сплавов соответствует скорость охлаждения 20 К/мин. Термограммы опытных сплавов при нагреве и охлаждении представлены на рис. 1.

Термический анализ был проведен для определения температур ликвидуса, равновесного и неравновесного солидуса исследуемых сплавов. На ДСК-кривых при нагреве и охлаждении происходят значительные тепловые эффекты и фиксируется пик, соответствующий плавлению и кристаллизации двойной эвтектики (α +Si). На термограммах охлаждения регистрируется второй пик, который соответствует кристаллизации α -твердого раствора (рис. 1, а, в, д, ж).

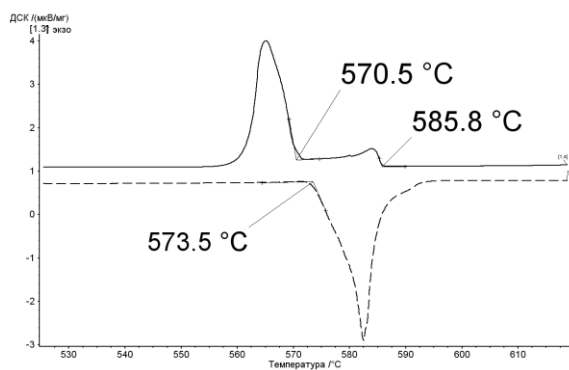
В безмедистых силуминах, легированных магнием, в неравновесных условиях кристаллизации образуется тройная эвтектика (α +Si+Mg₂Si) при температуре 558 °С [3] или 555 °С [5]. На термических кривых нагрева и охлаждения исследуемых сплавов нечетко выявляются тепловые эффекты, связанные с плавлением и кристаллизацией тройной эвтектики из-за малого количества жидкой фазы.



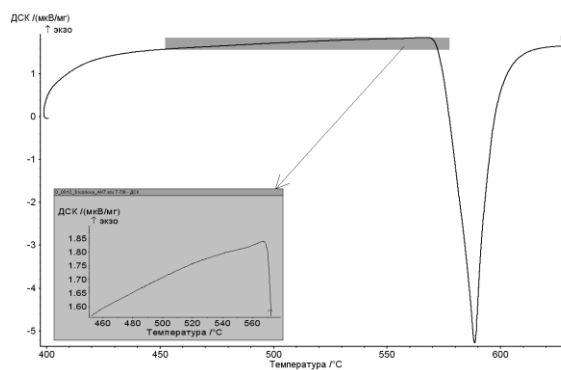
a



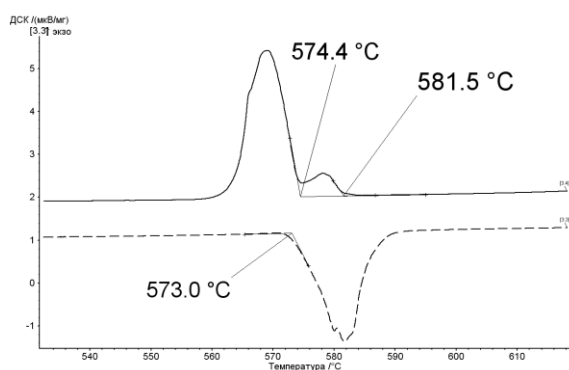
б



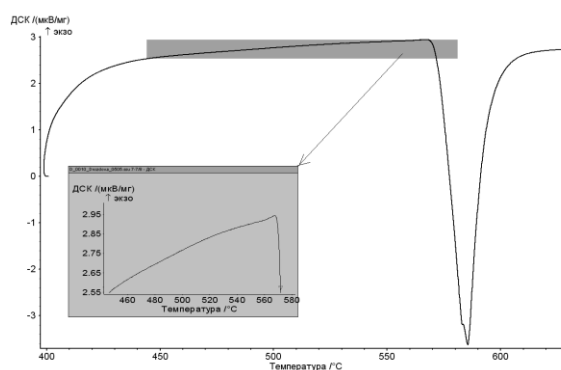
в



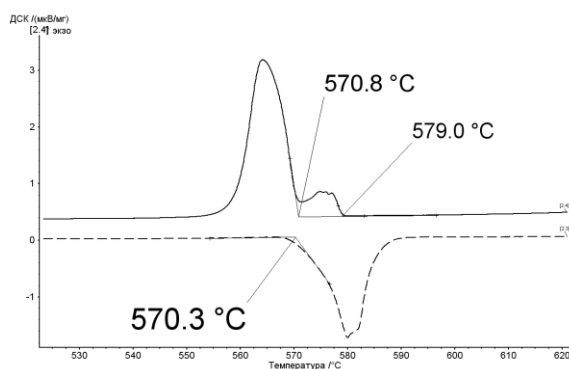
г



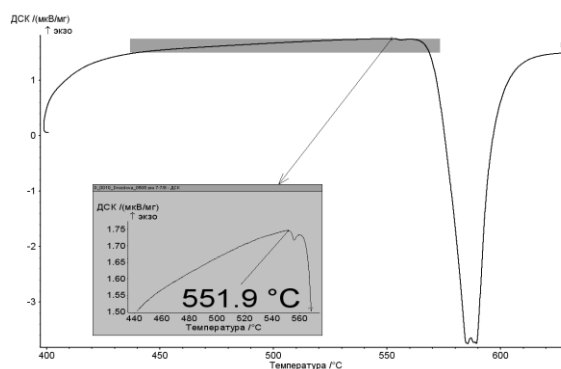
д



е



ж



з

Рис. 1. Термограммы нагрева и охлаждения сплавов:
a, в, д, ж – пунктирная линия – нагрев, сплошная линия – охлаждение;
a, в, д, ж – скорость 5 К/мин; *б, г, е, з* – скорость 20 К/мин;
a, б – сплав АК7пч; *в, г* – сплав АК12; *д, е* – сплав Al-12Si-0,15 % Mg;
ж, з – сплав Al-12Si-0,25 % Mg.

Сплав АК7пч содержит 0,33 % Mg, при нагреве сплава со скоростью 20 К/мин на термической кривой наблюдается небольшой тепловой эффект, связанный с плавлением тройной эвтектики, который соответствует температуре 554 °С. В опытных сплавах содержится магния от 0,15 % до 0,30 %, что объясняет практическое отсутствие такого эффекта в малолегированных сплавах – 0,15 % и 0,20 % Mg. В сплаве Al–12Si–0,25 % Mg со скоростью 20 К/мин фиксируется незначительный тепловой эффект, который соответствует плавлению тройной эвтектики при температуре 552 °С.

Таким образом, по результатам термического анализа были определены температуры ликвидуса, равновесного солидуса и интервал кристаллизации в неравновесных условиях исследуемых сплавов с различным содержанием магния, данные приведены в табл. 1.

На рис. 2 показано изменение температуры ликвидуса опытных сплавов. Выявлено, что с увеличением концентрации магния в сплавах Al–12Si–(0,15–0,30 % Mg) происходит незначительное снижение температуры ликвидуса. Содержание магния в исследуемом интервале концентраций, практически не влияет на интервал кристаллизации в неравновесных условиях. Следует отметить, что в новых сплавах Al–12Si–(0,15–0,30 %)Mg, по сравнению со сплавом АК7пч, интервал кристаллизации в неравновесных условиях уменьшается более чем в два раза.

Таблица 1

Результаты термического анализа при скорости 5 К/мин

Сплав	Ликвидус, °С	Равновесный солидус, °С	Интервал кристаллизации в неравновесных условиях, °С
АК7пч	617	570	62
АК12	586	574	12
Al–12Si–0,15 % Mg	582	573	27
Al–12Si–0,20 % Mg	581	571	26
Al–12Si–0,25 % Mg	579	570	24
Al–12Si–0,30 % Mg	580	570	25

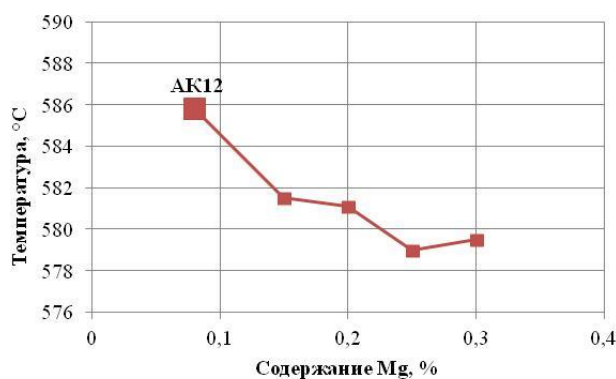


Рис. 2. Зависимость температуры ликвидуса от содержания магния в опытных сплавах

Для определения литейных свойств новых сплавов, дополнительно легированных магнием, было проведено исследование их жидкотекучести. Усредненные значения жидкотекучести сплавов разного состава, измеренные по спиральной пробе, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Значения жидкотекучести сплавов

Сплав	Жидкотекучесть, мм
АК7пч	390
АК12	450
Al-12Si-0,15 % Mg	480–510
Al-12Si-0,20 % Mg	
Al-12Si-0,25 % Mg	
Al-12Si-0,30 % Mg	

Повышение жидкотекучести сплавов Al-12Si-(0,15–0,30 % Mg), по сравнению с АК7пч, связано с уменьшением интервала кристаллизации. Некоторое повышение жидкотекучести опытных сплавов, по сравнению со сплавом АК12, можно объяснить перегревом расплава относительно равновесного ликвидуса. Таким образом, добавление магния к сплаву АК12 не ухудшает жидкотекучесть новых сплавов.

По результатам работы можно сделать выводы:

- методом термического анализа показано, что в опытных сплавах Al-12Si-(0,15–0,30 %)Mg, по сравнению со сплавом АК7пч, интервал кристаллизации в неравновесных условиях уменьшается более чем в два раза;
- снижение интервала кристаллизации в сплавах Al-12Si-(0,15–0,30 % Mg), по сравнению с АК7пч, приводит к повышению их жидкотекучести.

ЛИТЕРАТУРА

1. Золоторевский В. С., Белов Н. А. Металловедение литейных алюминиевых сплавов. М.: МИСиС, 2005. 376 с.
2. Белов Н. А., Савченко С. В., Белов В. Д. Атлас микроструктур промышленных силуминов: справ. М.: Изд. Дом МИСиС, 2009. 204 с.
3. Захаров А.М. Промышленные сплавы цветных металлов. Фазовый состав и структурные составляющие. М.: Металлургия, 1980. 256 с.
4. Белов Н. А. Фазовый состав промышленных и перспективных алюминиевых сплавов. М.: Издательский Дом МИСиС, 2010. 511 с.
5. Мондольфо Л. Ф. Структура и свойства алюминиевых сплавов: пер. с англ. М.: Металлургия, 1979. 640 с.